

Pola sebaran sedimen tersuspensi menggunakan teknik penginderaan jauh di Sungai Sambas Kabupaten Sambas

Suspended sediment distribution pattern using remote sensing techniques in the Sambas River of Sambas Regency

Received: 28 December 2022, Revised: 05 June 2023, Accepted: 01 July 2023
DOI: 10.29103/aa.v10i2.9841

Tiara Nusa Putri^a, Yoga Satria Putra^{a*}, Risiko Risiko^b, Muhardi Muhardi^a, dan Riza Adriat^a

^a Program Studi Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura

^b Laboratorium Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura

Abstrak

Sungai Sambas adalah bagian dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Sambas. DAS Sambas mencakup 71,03% luas dari keseluruhan luas Kabupaten Sambas. Sungai ini mempunyai tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda yang dapat menyebabkan sedimentasi. Pemantauan sedimentasi ini dapat dilakukan dengan metode penginderaan jauh. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis konsentrasi sedimen tersuspensi berdasarkan hasil pengukuran langsung dan pengolahan algoritma yang sesuai. Hasil pengolahan data dari citra satelit tahun 2022 dengan algoritma Budhiman, Nurandani, dan Lestari memiliki rentang nilai yang mirip dengan hasil pengukuran langsung yaitu sebesar 72 mg/L – 84 mg/L meskipun ada beberapa data yang berada di atas ataupun di bawah rentang nilai tersebut. Namun, algoritma Budhiman menunjukkan hasil korelasi yang paling baik dengan nilai pengukuran langsung. Hasil pengolahan data citra satelit bersifat fluktuatif yang artinya nilai sedimen tersuspensi ini naik dan turun. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pola sebaran sedimen tersuspensi dalam sebuah aliran sungai dapat dianalisis menggunakan teknik penginderaan jauh.

Kata kunci: DAS; Penginderaan jauh; Sedimen tersuspensi

Abstract

The Sambas River is part of the watershed of Sambas River which covers 71.03% of the total area of Sambas Regency. This river exhibits a mixed tidal regime with a tendency towards a double daily tide, which can cause sedimentation. Monitoring of this sedimentation can be conducted using remote sensing methods. The aim of this research is to analyze the concentration of suspended sediments based on direct measurements and appropriate algorithm processing. The data processing results from satellite images in 2022 using the Budhiman, Nurandani, and Lestari algorithms have a similar range of values to the direct measurements, ranging from 72 mg/L to 84 mg/L, although there are some data points that fall outside this range. However, the Budhiman algorithm demonstrates the best correlation with the direct measurements. The processed satellite data shows fluctuating values, indicating fluctuations in suspended sediment concentrations. Based on the conducted research, it is evident that the distribution pattern of suspended sediments in a river system can be analyzed using remote sensing techniques.

Keywords: Remote Sensing; Suspended Sediment; Watershed

1. Introduction

1.1. Latar belakang

Kalimantan Barat memiliki beberapa daerah aliran sungai salah satunya adalah DAS Sambas yang terletak di Kabupaten Sambas, Provinsi Kalimantan Barat. Pemerintah Kabupaten Sambas juga mendukung dan memperhatikan kebutuhan produksi dan konsumsi perikanan masyarakat dengan pengadaan sarana dan prasarana yang tersebar di Kabupaten Sambas, salah satunya dengan keberadaan Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Pemangkat yang berlokasi di tepi Sungai

* Korespondensi: Prodi Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura. Kota Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia.
e-mail: yogasatriaputra@physics.untan.ac.id

Sambas Besar. Aktivitas manusia dan perubahan alam juga dapat mempengaruhi kondisi alam di Sungai Sambas Besar ini sehingga memengaruhi kualitas dan kelestarian lingkungan hidup seperti gangguan pada daerah aliran sungai. Gangguan lain yang terjadi pada sungai adalah tingginya sedimentasi yang dapat mengakibatkan pendangkalan pada saluran sungai. Hal ini menjadi masalah utama yang masih menjadi kendala yang belum terselesaikan hingga saat ini. Oleh karena itu, kajian-kajian terkait dengan transport sedimen dalam saluran sungai ini menjadi penting untuk dilakukan.

Penelitian yang dilakukan oleh Subardjo *et al.* (2018) telah mengkaji konsentrasi sedimen tersuspensi di muara Sungai Sambas dengan metode pengukuran langsung. Hasilnya memperlihatkan bahwa konsentrasi sedimen tersuspensi pada saat pasang sebesar 67 – 600 mg/L dan pada saat surut sebesar 11 – 321 mg/L. Nilai ini mulai berkurang ketika aliran menuju laut lepas. Selain dengan metode pengukuran langsung, terdapat metode penginderaan jauh untuk mengetahui konsentrasi sedimen tersuspensi pada suatu lokasi. Penelitian yang dilakukan Hariyanto *et al.* (2017) telah mengkaji tentang sedimen tersuspensi dengan metode penginderaan jauh menggunakan data citra satelit Landsat 8 OLI dan data *in-situ* di Pantai Surabaya. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode penginderaan jauh dapat digunakan untuk melihat distribusi sedimen tersuspensi dalam mempengaruhi kualitas perairan tersebut. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Sukojo dan Amalina (2019) yang mengkaji perubahan sedimen tersuspensi di Teluk Lamong menggunakan data citra Landsat multitemporal dari tahun 2014 hingga tahun 2018 yang menghasilkan nilai sedimen tersuspensi fluktuatif pada perairan tersebut. Yunita dan Agam (2021) juga telah melakukan kajian potensi perikanan budidaya pada daerah Sungai Sambas dan Danau Kurapan Desa Sepantai yang berada pada hulu sungai. Salah satu dari hasil dari penelitian tersebut adalah parameter kualitas air berupa sedimen tersuspensi tidak memenuhi syarat kelas untuk perikanan. Monitoring pada kualitas air di Sungai Sambas perlu dilakukan sehingga dapat dimanfaatkan masyarakat sekitar untuk kehidupan sehari – hari. Demikian juga penelitian yang dilakukan oleh Saputra *et al.* (2022) telah menunjukkan bahwa Sungai Sambas memiliki tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda. Hal ini cukup berpengaruh dengan kondisi sedimen tersuspensi di perairan tersebut sehingga diperlukan untuk mengetahui pola sebaran sedimen tersuspensi di Sungai Sambas.

Berdasarkan masalah dan kajian-kajian sebelumnya maka dalam penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola sebaran sedimen tersuspensi dengan menggunakan teknik penginderaan jauh di Sungai Sambas Kabupaten Sambas. Penelitian ini diharapkan bisa berkontribusi dalam kajian-kajian terkait mekanisme sedimentasi dan pendangkalan sungai khususnya di Sungai Sambas Besar, Kabupaten Sambas.

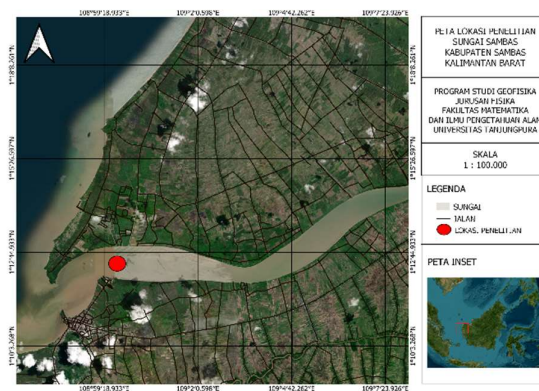
2. Materials and Methods

2.1. Waktu dan tempat

Penelitian ini dilakukan untuk memetakan pola sebaran sebaran sedimen tersuspensi dan dilakukan di Sungai Sambas di Kabupaten Sambas, Kalimantan Barat. Pengambilan data lapangan dilakukan di dekat muara Sungai Sambas, di sekitar PPN Pemangkat Kabupaten Sambas. Lokasi penelitian ditunjukkan seperti pada Gambar 1.

2.2. Bahan dan alat penelitian

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian yang ini adalah laptop, GPS navigasi, kapal, jam digital, ken air ukuran 1 liter, alat tulis, kamera, *Microsoft Office* 2013, *QGIS* Dekstop 3.26.0, dan *Google Earth Pro*.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

2.3. Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penginderaan jauh, yang dilakukan untuk mengetahui pola sebaran sedimen tersuspensi di Sungai Sambas. Data primer diambil langsung dari Sungai Sambas yang digunakan sebagai uji validasi untuk data sekunder dari hasil algoritma Budhiman, Nurandani, dan Lestari. Data primer ini berupa parameter sedimen tersuspensi yang merupakan salah satu parameter kualitas air.

2.4. Prosedur penelitian

2.4.1. Penentuan lokasi titik sampel lapangan

Penentuan titik sampel ini berdasarkan metode purposive sampling. Metode ini digunakan karena titik pengambilan sampel dapat mewakili karakteristik sebaran kandungan sedimen tersuspensi pada Sungai Sambas dan cukup efisien dalam pengambilan sampel sehingga dapat mengoptimalkan sumber daya yang ada. Pengumpulan data lapangan diperoleh dengan mengambil sampel sedimen tersuspensi yang berada pada kedalaman <50 cm. Pada saat bersamaan, diambil juga data koordinat titik pengambilan sampel menggunakan GPS Navigasi. Pengolahan data lapangan dilakukan di laboratorium dengan menggunakan alat Spektrofotometer HACH DR 2700. Koordinat pengambilan sampel di Sungai Sambas Besar ditunjukkan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1
Koordinat pengambilan sampel air di Sungai Sambas

No	Koordinat Geografis	
	X (°)	Y (°)
1	108.98544	1.20350
2	108.98539	1.20714
3	108.98508	1.21042
4	108.98506	1.21350
5	108.99456	1.21514
6	108.99408	1.21047
7	108.99408	1.20714
8	108.99406	1.20386
9	108.99422	1.20106
10	109.00169	1.19978
11	109.00172	1.20339
12	109.00067	1.20822
13	109.00172	1.21081
14	109.00106	1.21547

2.4.2. Pengumpulan data sekunder

Penelitian ini juga menggunakan data sekunder berupa data citra Landsat 8 OLI dengan 14 titik sampel penelitian seperti pada Tabel 1. Data citra Landsat 8 diunduh melalui website *United States Geological Survey* (USGS) pada tanggal akuisisi dan di *path* 122/*row* 059 yang sudah sesuai dengan lokasi data sedimen tersuspensi.

2.4.3. Tahapan pre-processing

Koreksi geometrik dilakukan supaya dapat menyesuaikan lokasi titik pada citra dengan koordinat titik sebenarnya di permukaan bumi. Koreksi ini menggunakan acuan peta RBI Indonesia. Toleransi yang digunakan yaitu nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) harus ≤ 1 piksel.

Koreksi radiometrik dilakukan untuk memperbaiki nilai piksel pada citra satelit. Koreksi ini dilakukan dengan 2 tahapan. Tahapan pertama adalah mengubah *digital number* ke nilai reflektan *Top of Atmosphere* (ToA). Dan tahapan kedua adalah melakukan koreksi sudut matahari.

Kemudian dilakukan pemisahan daratan dan perairan menggunakan algoritma *Normalized Difference Water Index* (NDWI). Algoritma ini dapat mendeteksi badan air dengan mengubah nilai piksel daratan menjadi 0 piksel dan nilai piksel perairan menjadi 1. Setelah itu dilakukan perhitungan algoritma pada data citra satelit Landsat 8 dan ekstraksi nilai konsentrasi sedimen tersuspensi pada data citra dengan waktu akuisisi 22 Mei 2022 dengan menggunakan 3 algoritma.

2.5. Algoritma Sedimen Tersuspensi

2.5.1. Algoritma Syarif Budhiman

Budhiman (2004) dalam penelitiannya menghasilkan algoritma Budhiman yang memiliki akurasi tertinggi dengan analisis air dari pengujian kualitas air di Laboratorium. Algoritma Budhiman telah diuji pada studi kasus di wilayah perairan Delta Mahakam, Kalimantan Timur, Indonesia. *Total suspended solids* (TSS) dihitung dengan menerapkan persamaan berikut:

$$TSS (mg/L) = 8,1429 \times Exp(23,704x0,94x(Rrs654,59))$$

2.5.2. Algoritma Nurandani

Nurandani (2013) juga telah menguji sebuah algoritma empiris untuk menduga konsentrasi sedimen tersuspensi di sebuah lokasi bernama Rawa Pening. Algoritma empiris tersebut dihasilkan berdasarkan model persamaan regresi menggunakan rasio di antara Band 1 (biru) dengan Band 2 (hijau) pada Landsat 7 ETM+. Kemudian, datanya disesuaikan dengan Landsat 8 OLI. Band 1 diganti band 2, dan band 2 diganti band 3. *Total suspended solids* (TSS) pada algoritma ini dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$TSS (mg/L) = 368.7 \times \ln(x) + 31.52$$

dengan x adalah rasio reflektan dari *Band 2* dan *Band 3*.

2.5.3. Algoritma Lestari

Algoritma Lestari (2009) merupakan algoritma empiris yang diterapkan untuk menduga nilai konsentrasi sedimen tersuspensi dengan menggunakan model polinomial regresi disaat musim panas dan hujan. Algoritma ini dibuat berdasarkan hubungan antara nilai reflektansi transformasi band kromatik dengan nilai konsentrasi sedimen tersuspensi saat pengukuran dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$TSS (mg/L) = 24197 x^3 - 22050x^2 + 6813x - 644.8$$

dengan x adalah reflektan dari kromatik *band* biru, dimana kromatik *band* biru = $band2 / (band2+band3+band4)$.

2.6. Tahapan akhir

Tahapan akhir, dilakukan uji validasi antara hasil perhitungan algoritma dan hasil lapangan dan hasil. Nilai yang paling baik akan digunakan untuk mengetahui pola sebaran sedimen tersuspensi di Sungai Sambas pada semua citra lainnya. Hasil dari ekstraksi dari semua data citra dengan menggunakan algoritma yang paling baik akan dilihat berdasarkan perubahan sedimen tersuspensinya pada tiap tahun dari tahun 2017 hingga tahun 2022.

3. Result and Discussion

3.1. Ekstraksi nilai sedimen tersuspensi

Pengolahan data citra Landsat 8 dilakukan dengan waktu akuisisi data adalah 22 Maret 2022. Akuisisi data dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai konsentrasi sedimen tersuspensi pada 14 titik sampel di lapangan. Pengolahan data citra selanjutnya dilakukan dengan menggunakan 3 algoritma yaitu algoritma Budhiman (2004), Nurandani (2013), dan Lestari (2009). Data sedimen tersuspensi di lapangan diambil dan diuji pada laboratorium dengan metode HACH. Kemudian diperoleh hasil data lapangan dan hasil ekstraksi data perhitungan algoritma seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2

Nilai sedimen tersuspensi data primer dan data sekunder

Titik	TSS Lapangan (mg/L)	TSS Algoritma Budhiman (mg/L)	TSS Algoritma Nurandani (mg/L)	TSS Algoritma Lestari (mg/L)
1	78	83,43	26,78	72,79
2	50	47,13	57,79	82,33
3	35	41,34	98,48	98,99
4	43	42,36	117,95	110,89
5	64	39,75	68,10	75,82
6	42	43,24	77,91	88,56
7	53	48,95	58,13	80,73
8	42	54,30	46,67	78,09
9	29	69,57	40,01	74,70
10	40	65,63	48,24	76,69
11	32	53,30	53,34	79,31
12	49	42,90	67,65	85,10
13	44	38,54	78,63	90,56
14	46	39,44	79,34	97,16

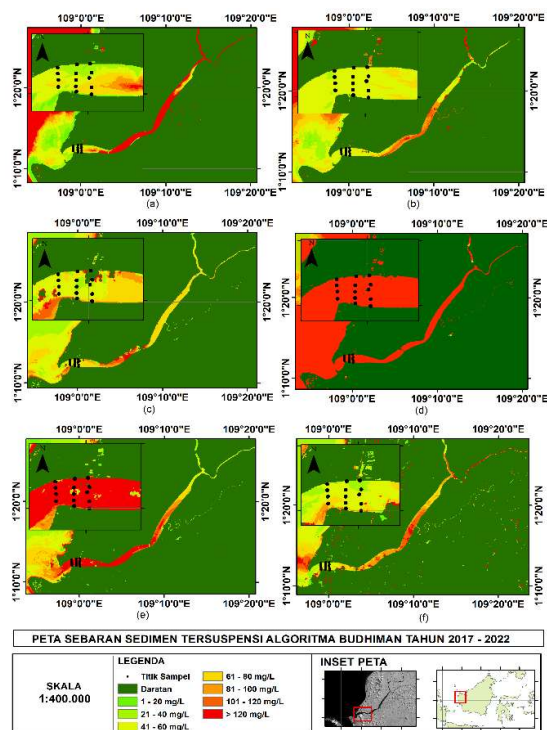
3.2. Uji validasi data primer dan sekunder

Penelitian ini menggunakan 2 data yaitu data hasil perhitungan algoritma dan data lapangan. Citra yang digunakan adalah citra satelit Landsat 8 dengan waktu akuisisi tidak beda jauh dengan data lapangan. Data lapangan digunakan untuk memvalidasi data citra satelit sehingga dapat mengetahui algoritma mana yang paling baik untuk digunakan dalam mengetahui pola sebaran sedimen tersuspensi di Sungai Sambas.

Hasil uji validasi ini dilakukan dengan menggunakan koefisien determinasi dan RMSE. Uji validasi hasil data lapangan dengan hasil data perhitungan algoritma Budhiman (2004) pada data citra Landsat 8 mempunyai RMSE sebesar 16,26. Ini adalah nilai *error* terkecil dibandingkan dengan dua algoritma lainnya. Uji validasi juga dilakukan dengan membandingkan data lapangan dan data perhitungan algoritma Nurandani (2013) pada data citra Landsat 8, Nilai RMSE yang dihasilkan sebesar 34,84, lebih besar dibandingkan nilai RMSE algoritma Budhiman. Uji validasi dengan membandingkan hasil data lapangan dan data perhitungan algoritma Lestari (2009) pada data citra Landsat 8 menghasilkan RMSE sebesar 43,03, paling besar dibanding dengan algoritma Budhiman dan Nurandani. Perbandingan dengan menggunakan nilai RMSE berdasarkan data lapangan dan perhitungan ketiga algoritma telah menunjukkan bahwa algoritma Budhiman memperlihatkan nilai yang paling kecil di antara dua algoritma yang lainnya.

3.3. Hasil pengolahan citra satelit multitemporal

Pengolahan data citra satelit multitemporal dilakukan menggunakan algoritma Budhiman dan data citra satelit terolah yaitu citra satelit Landsat 8 tahun 2017 hingga tahun 2022. Peta hasil pengeplotan pola sebaran sedimen tersuspensi di Sungai Sambas dari tahun 2017 hingga tahun 2022 ditunjukkan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta sebaran sedimen tersuspensi pada tahun (a) 2017, (b) 2018, (c) 2019, (d) 2020, (e) 2021, dan (f) 2022.

Perbedaan nilai TSS dari ketiga algoritma yang diuji disebabkan karena jenis persamaan dan jenis *band* yang digunakan berbeda satu sama lainnya. Selain perbedaan persamaan dan jenis *band* yang digunakan, waktu pengambilan data dan pengunduhan data yang berbeda juga mempengaruhi hasil perhitungan TSS yang dilakukan. Hal ini dapat menyebabkan perbedaan yang cukup menonjol antara data hasil perhitungan dan data hasil lapangan. Selain itu, pengaruh radiometrik/gangguan perambatan gelombang di udara juga dapat menjadi penyebab perbedaan nilai TSS yang dihitung.

Berdasarkan Gambar 2, hasil perhitungan algoritma dari tahun 2017 hingga tahun 2022 telah memperlihatkan bahwa tahun 2021 memiliki nilai yang cukup tinggi dari tahun lainnya. Hal ini diduga karena adanya indikasi pencemaran air sungai yang berasal dari bocornya kapal pengangkut minyak sawit mentah atau *Crude Palm Oil* (CPO) dari salah satu perusahaan yang terjadi di tahun 2021 tersebut.

Secara umum, pada Gambar 2 telah memperlihatkan beberapa titik yang memiliki konsentrasi sedimen yang tinggi. Indikasi tingginya konsentrasi sedimen pada badan sungai tersebut akan berpengaruh pada tingginya sedimentasi dan pendangkalan pada titik tersebut. Warna merah pada Gambar 2 diduga berasal dari penambangan yang dapat mencemari aliran air di Sungai Sangas Besar ini.

Nilai TSS di tahun 2017 sampai 2022 memiliki rentang nilai yang hampir sama yaitu 41 mg/L – 55 mg/L, meskipun ada juga beberapa nilai TSS yang berada di atas dan di bawah rentang tersebut. Pola perubahan sedimen tersuspensi yang diperoleh dari citra satelit di Sungai Sangas Besar mengalami fluktuatif yang ditandai dengan nilai TSS yang naik dan turun. Nilai yang fluktuatif ini bisa dipengaruhi oleh fenomena pasang-surut yang terjadi di muara Sungai Sangas Besar yang berlokasi tidak jauh dari tempat pengambilan data.

4. Conclusion

Berdasarkan hasil pembahasan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa algoritma algoritma Budhiman telah

memperlihatkan nilai RMSE terkecil jika dibandingkan dengan kedua algoritma lainnya. Algoritma ini telah tervalidasi dengan data lapangan sehingga dapat mewakili nilai TSS di Sungai Sangas Besar. Pola sebaran sedimen tersuspensi di Sungai Sangas Besar dari tahun 2017 hingga tahun 2022 tidak menunjukkan adanya perubahan yang signifikan dan bersifat fluktuatif. Hasil perhitungan TSS dengan algoritma yang tepat dapat mengidentifikasi pola sebaran sedimen tersuspensi dalam sebuah aliran sungai. Penelitian ini telah menunjukkan bahwa identifikasi pola sebaran sedimen tersuspensi pada Sungai Sangas Besar dengan menggunakan teknik penginderaan jauh telah berhasil dilakukan. Di masa depan, perbandingan data hasil perhitungan dengan data lapangan yang lebih banyak perlu dilakukan lebih intens lagi.

Bibliografi

- Azizah, F.N., Afgatiani, P.M., Adawiah, S.W., Anggraini, N., Ginting, D.N.B., Patwat, E., and Asriningrum, W. 2021. Kesesuaian Wilayah Budi Daya Ikan Kerapu Berdasarkan Citra Satelit Landsat-8 Operational Land Imager (OLI)/ Thermal Infrared Sensor (TIRS) (Studi Kasus Perairan Kecamatan Gerokgak, Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali). *Penginderaan Jauh dan Pengolah. Data Citra Digit.* 18 (1): 37–46.
- Budhiman, S. 2004. Mapping TSM Concentrations from Multisensor Satellite Images in Turbid Tropical Coastal Waters of Mahakam Delta, Indonesia. 7(1): 37–72.
- HACH. 2014. Suspended Solids, Photometric Method (750 mg/L). *DOC316.53.01139*. Edition 9: 1–3.
- Hariyanto, T., Krisna, T.C., Khomsin, Pribadi, C.B., and Anwar, N. 2017. Development of total suspended sediment model using landsat-8 OLI and In-situ data at the surabaya coast, East Java, Indonesia. *Indones. J. Geogr.* 49(1): 73–79.
- Jiyah, Sudarsono, B., and Sukmono, A. 2016. Studi Distribusi Total Suspended Solid (TSS) Di Perairan Pantai Kabupaten Demak Menggunakan Citra Landsat. 6: 41–47.
- Lestari, I.B. 2009. Pendugaan Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) Dan Transparansi Perairan Teluk Jakarta Dengan Citra Satelit Landsat. 96.
- Nurandani, P., Subiyanto, I.S., and Sasmito, B. 2013. Mapping of Total Suspended Solid (TSS) Using Multi Temporal Satellite Imagery in Rawa Pening Lake, Central Java Province. *Geod. Undip.* 2: 72–84.
- Saputra, D.W., Kushadiwijayanto, A.A., and Yusuf, A. 2022. Analisis Laju Sedimentasi di Kawasan Perairan Muara Sungai Sangas Kalimantan Barat. 5(1): 31–38.
- Subardjo, P., Suryo, A.A.D., Pratikno, I., Handoyo, G., and Diani, K.P. 2018. Distribusi Material Padatan Tersuspensi di Muara Sungai Sangas, Kalimantan Barat. *Bul. Oseanografi Mar.* 7(1): 22.
- Sukojo, B.M. and Amalina, N.C. 2019. Analysis of Changes in Concentration of Total Suspended Solid (TSS) in Lamong Bay Using Multitemporal Landsat Imager., *Pap. Geod. Geomatics*, 15(1): 28–35.
- Yunita, N.F. and Agam, B. 2021. Kajian Potensi Perikanan Budidaya Berdasarkan Kualitas Air Daerah Sungai Sangas Dan Danau Kurapan Desa Sepantai, Kalimantan Barat, *J. Mina Sains*, 7: 37–43.
- Yusriadi. 2015. Identitas Orang Melayu di Hulu Sungai Sangas. *J. Khatulistiwa - J. Islam. Stud.* 5(1): 74–99.